

# Penggunaan Sifat Pengingat Asosiatif Pada Jaringan Syaraf Tiruan Hopfield Diskret Untuk Pemulihan Data

## Recovering Data Using Associative Memories of Discrete Hopfield Neural Networks

Agung Mubyarto

Program Studi Teknik Elektro Unsoed Purwokerto, Indonesia

[agung.moeby@gmail.com](mailto:agung.moeby@gmail.com)

**Abstract**— This research concern with application of discrete Hopfield neural networks for recovering data. Using associative memories properties of discrete Hopfield neural networks we can store a set of data patterns as a memories. The basic concepts of using discrete Hopfield neural networks as associative memories is to interpret the system's neurons evolution as a movement of input pattern toward the one stored pattern most resembling the input pattern. The result shows that the application could recover false data to its origin.

**Keywords**— associative memories, Hopfield neural networks, false data

### PENDAHULUAN

Kerusakan data ( dapat berupa gambar/citra, runtun data, grafik) yang kita simpan dalam peralatan penyimpanan data seperti disket, *hardisc* , *compact disc* sangat mungkin terjadi oleh satu dan lain hal. Kerusakan data dapat dibagi dalam kategori kerusakan total ataupun data yang cacat /berderau. Untuk data yang cacat atau berderau masih dapat dilakukan upaya untuk melakukan pemulihan kembali dengan cara melakukan asosiasi data dengan data yang asli. Proses pemulihan data ini sangat penting karena dapat diterapkan pada berbagai bidang seperti biologi, psikologi, farmasi dan penginderaan jauh ( Anil K. Jain et.al .2000).

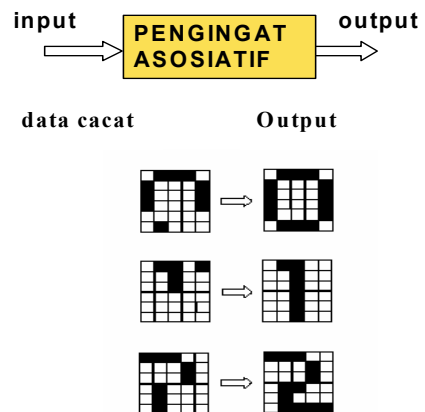
Pengingat asosiatif dapat menyimpan suatu rumusan atau himpunan data. Ketika ada data yang rusak dari suatu himpunan data, maka data tersebut dapat diketahui kembali dengan melakukan asosiasi pada himpunan data asli. Data yang rusak selanjutnya akan dikenali sebagai salah satu data dari himpunan data tersebut. Fungsi dari pengingat asosiatif adalah mengembalikan rumusan data untuk data yang tidak lengkap kepada data yang telah disimpan pada jaringan (Evandro, A Silva et.al).

Secara umum pengingat asosiatif dapat dikelompokkan dalam dua kelompok :

- 1) Auto asosiasi : data yang cacat/ berderau diasosiasikan dengan data asli yang tidak rusak.
- 2) Hetero Asosiasi : data input akan diasosiasikan dengan data pasangan yang berbeda dari data input.

Jaringan syaraf tiruan (JST) sebagai tiruan dari syaraf manusia mempunyai kemampuan untuk melakukan asosiasi data. Beberapa algoritma jaringan syaraf tiruan telah dikembangkan dalam usaha melakukan asosiasi data.

Salah satu yang terbukti berhasil digunakan untuk melakukan asosiasi data adalah jaringan syaraf tiruan Hopfield. Fausset (1994) menjelaskan bahwa Hopfield pada tahun 1982 mengembangkan suatu jaringan iterative recurrent associative.



Gambar 6 Pemulihan data dengan JST

Bobot sambungannya adalah simetris tanpa cell connection, yaitu :

$$w_{ij} = w_{ji} \dots\dots\dots (1)$$

dan

$$w_{ii} = 0 \dots\dots\dots (2)$$

jaringan ini mempunyai sifat khusus :

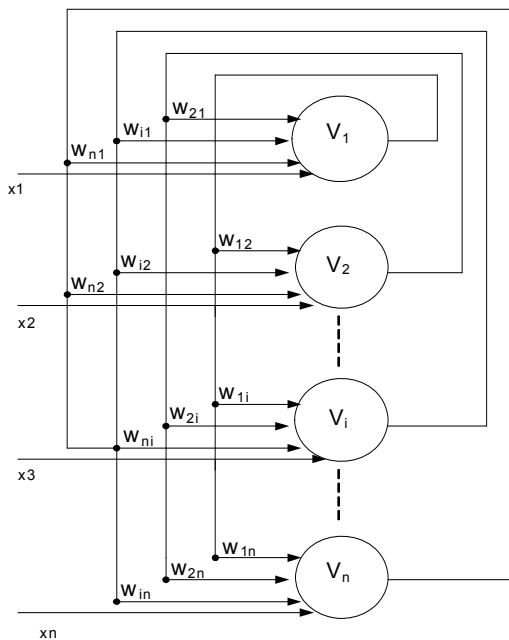
- a. Setiap waktu hanya satu neuron yang memperbarui fungsi aktivasinya ( berdasar pada sinyal yang diterima dari setiap neuron lain ).

- b. Setiap neuron meneruskan untuk menerima suatu sinyal dari luar ditambahkan pada sinyal dari neuron – neuron lain dalam jaringan tersebut.

Proses update dari neuron – neuron tersebut menurut suatu fungsi yang disebut sebagai fungsi energi yang diperoleh oleh jaringan. Keberadaan fungsi demikian akan dijelaskan pada bagian selanjutnya yang memungkinkan untuk membuktikan bahwa jaringan akan konvergen pada satu set aktivasi – aktivasi stabil dari pada osilasi.

**A. Jaringan syaraf tiruan Hopfield diskrit**

Arsitektur jaringan syaraf tiruan diskrit secara skematik digambarkan dalam gambar 2. Jaringan ini tersusun atas satu lapis jaringan dengan umpan balik. Parameter  $w$  adalah bobot antar sel,  $v$  adalah aktivasi sel dan  $x$  masukan sel.



Gambar 7 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan Hopfield

**B. Algoritma Jaringan Syaraf Tiruan Hopfield Diskrit**

Jaringan Syaraf tiruan Hopfield dapat digunakan untuk menyimpan memori biner dan memori bipolar. Jaringan ini pertama kali diperkenalkan pada tahun 1982 menggunakan vektor masukan biner. Untuk menyimpan satu set pola - pola biner  $s(p)$ ,  $p = 1,2,3,\dots,n$ ; dimana

$$s(p) = (s_1(p), \dots, s_i(p), \dots, s_n(p)) \dots\dots\dots (2)$$

Matriks bobot  $W = \{w_{ij}\}$  diberikan oleh :

$$w_{ij} = \sum_p [2s_i(p) - 1][2s_j(p) - 1] \dots\dots\dots (3)$$

untuk  $i \neq j$   
 dan

$$w_{ii} = 0.$$

Jaringan syaraf tiruan lainnya [ Hopfield, 1984 ] mempunyai masukan bipolar. Matriks bobot diperoleh sebagai berikut :

Penyimpanan satu set pola - pola bipolar  $s(p)$ ,  $p = 1,2,3,\dots,n$ ;

$$s(p) = (s_1(p), \dots, s_i(p), \dots, s_n(p))$$

Matriks bobot  $W = \{w_{ij}\}$  diberikan oleh :

$$w_{ij} = \sum_p s_i(p)s_j(p) \dots\dots\dots (4)$$

untuk  $i \neq j$

dengan  $w_{ii} = 0$

Persamaan 3 dan 4 akan menghasilkan suatu matriks bobot  $W$ , yaitu :

$$w_{ij} = \begin{bmatrix} 0 & w_{12} & w_{13} & \dots & w_{1j} \\ w_{21} & 0 & w_{23} & \dots & w_{2j} \\ w_{31} & w_{32} & 0 & \dots & w_{3j} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ w_{i1} & w_{i2} & w_{i3} & \dots & 0 \end{bmatrix} \dots\dots\dots (5)$$

Aplikasi algoritma ini untuk pola - pola biner adalah sebagai vektor keadaan. Fungsi aktivasi dapat dimodifikasi untuk mengakomodasi pola - pola bipolar.

Algoritma jaringan syaraf tiruan Hopfield diskrit adalah sebagai berikut :

**Langkah 0.** Set bobot – bobot awal ( $w$ ) untuk menyimpan pola – pola

*Sementara aktivasi jaringan tidak konvergen kerjakan langkah 1 – 7.*

**Langkah 1.** Untuk tiap vektor masukan  $x$ , kerjakan langkah 2 – 6.

**Langkah 2.** Set aktivasi awal jaringan sama dengan vektor masukan luar  $x$  :

$$v_i = x_i \quad (i = 1,2,3,\dots,n)$$

dengan  $v_i$  adalah aktivasi sel atau unit  $v_i$

**Langkah 3.** Kerjakan langkah 4 – 6 untuk tiap – tiap unit  $v_i$

(unit harus *update* dalam orde acak )

**Langkah 4.** Hitung masukan jaringan :

$$v_{in_i} = x_i + \sum_j v_j w_{ji} \dots\dots\dots(6)$$

dimana  $v_{in_i}$  adalah keluaran unit  $V_i$

$w_{ji}$  adalah nilai bobot antara unit  $V_i$  dan

$V_j$

**Langkah 5.** Tentukan aktivasi ( sinyal keluaran ) :

$$v_i = \begin{cases} 1 & \text{jika } v_{in_i} > \theta_i \\ v_i & \text{jika } v_{in_i} = \theta \\ 0 & \text{jika } v_{in_i} < \theta \end{cases} \dots\dots\dots(7)$$

dengan  $v_i$  adalah keluaran unit  $V_i$

$\theta_i$  adalah nilai ambang unit  $V_i$

**Langkah 6.** Sebarkan nilai  $v_i$  ke semua unit lainnya

( *update* vektor aplikasi )

**Langkah 7.** Uji konvergensi ( jika konvergen berhenti, jika tidak kembali ke langkah 1 )

Nilai ambang  $\theta_i$ , untuk pola biner adalah 0 dan untuk pola bipolar adalah 1. Prosedur tersebut memperbarui unit-unit dengan acak, tetapi tiap – tiap unit harus diperbarui dengan rata- rata laju yang sama. Semula Hopfield menggunakan aktivasi biner tanpa masukan luar setelah step pertama pada algoritma tersebut. Selanjutnya masukan luar tersebut diperkenankan untuk selama proses berlangsung. Meskipun khasnya, Hopfield menggunakan aktivasi biner, model diformulasikan menggunakan berbagai kombinasi dari ciri – ciri model aslinya.

**C. Analisis Fungsi Energi**

Fausset (1994) menjelaskan, Hopfield membuktikan bahwa jaringan syaraf tiruan diskrit yang ditemukannya akan konvergen pada suatu titik stabil (pola aktivasi dari unit - unit ) dengan menggunakan suatu fungsi energi pada sistem tersebut. Suatu fungsi energi adalah fungsi terkendala ( *bounded* ) dan adal adalah suatu fungsi yang tidak bertambah ( *nonincreasing* ) dari keadaan sistem. Pada sustu jaringan syaraf tiruan keadaan sistem tersebut adalah vektor aktivasi dari tiap unit. Jika fungsi energi dapat diperoleh pada suatu iterasi jaringan syarf tiruan, jaringan akan konvergen pada himpunan aktivasi yang stabil. Fungsi energi untuk jaringan syaraf tiruan Hopfield diskrit diberikan :

$$E = -\frac{1}{2} \sum_{i \neq j} \sum_j v_i v_j w_{ij} - \sum_i x_i v_i + \sum_i \theta_i v_i \dots\dots(8)$$

dengan :

$v_i$  adalah aktivasi atau keluaran unit  $V_i$

$x_i$  adalah masukan luar unit  $V_i$

$w_{ij}$  adalah bobot antara unit  $V_i$  dan unit  $V_j$

$\theta_i$  adalah nilai ambang unit  $V_i$

Jika aktivasi jaringan berubah dengan suatu perubahan  $\Delta v_i$ , energi berubah sebesar :

$$\Delta E = - \left[ \sum_j v_j w_{ij} + x_i - \theta_i \right] \Delta v_i \dots\dots\dots(9)$$

( hubungan ini terjadi bahwa hanya satu unit yang dapat memperbaharui aktivasinya pada suatu waktu ).

Karena energi terkendala ( *bounded* ) dan nilai energi tidak dapat bertambah, jaringan akan mencapai suatu kesetimbangan stabil ketika energi tidak berubah dengan adanya iterasi yang lebih jauh. Analisa ini juga berlaku untuk aktivasi tidak biner,dan masukan luar juga tidak diharuskan selama proses iterasi. Aspek penting dari algoritma tersebut bahwa perubahan energi hanya tergantung pada perubahan satu unit atau sel.

**METODE PENELITIAN**

**A. Materi Penelitian**

Materi atau bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa sampel data dalam bentuk baris ( *array* ) dalam format data biner. Data berupa citra dapat digunakan dengan melakukan pre prosesiing membentuk data 2 dimensi menjadi data array.

**B. Alat yang dipergunakan**

Penelitian ini bersifat pembuatan program aplikasi, sehingga membutuhkan satu set personal computer yang cukup memadai untuk dapat menjalankan sistem operasi Windows XP dan perangkat lunak Matlab 7.

**C. Jalannya Penelitian**

Langkah-langkah pada penelitian ini adalah pembuatan sampel, dilanjutkan pemrosesan data, juga pembuatan perangkat-lunak sistem jaringan syaraf tiruan dan akhirnya dilakukan pengujian untuk pemulihan data rusak. Tahapan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

- 1) Pembuatan program aplikasi  
 Pembuatan program aplikasi jaringan syaraf tiruan Hopfield Diskret
- 2) Pengumpulan sampel data  
 Melakukan pengumpulan data berupa data asli dan data berderau. Data yang digunakan adalah data dalam format biner ( 1 dan 0 ) dengan panjang data 8 digit.
- 3) Penerapan Aplikasi  
 Melakukan penerapan hasil pengolahan data kedalam program aplikasi. Dilakukan pengujian dengan melakukan variasi terhadap kerusakan panjang data.
- 4) Analisa Hasil  
 Melakukan analisa terhadap hasil aplikasi yang sudah dilakukan pada tahapan sebelumnya. Dari analisa hasil

akan diketahui keberhasilan aplikasi yang merupakan pendekatan dari kecerdasan buatan menggunakan jaringan syaraf tiruan.

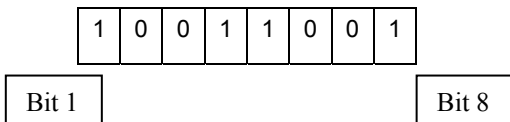
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Program Aplikasi

Produk yang dihasilkan pada penelitian ini adalah berupa *software* program aplikasi jaringan syaraf tiruan Hopfield diskret yang dibuat menggunakan Bahasa Pemrograman Matlab 7. Aplikasi ini memerlukan dua masukan runtun data yaitu yang pertama adalah masukan runtun data yang akan disimpan dalam jaringan, sedangkan yang kedua adalah runtun data pertama yang sudah diberi *noise* / gangguan. Setelah diberi masukan data yang sudah diberi noise maka program aplikasi akan melakukan proses pemulihan data untuk bit – bit yang tidak sesuai sebagai keluaran program aplikasi. Runtun data yang digunakan dalam format biner berbentuk array dengan panjang data adalah 8 bit.

B. Hasil Pengujian

Runtun data yang digunakan adalah :



1) Variasi kesalahan 1 bit

Data asli

1	0	0	1	1	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Data cacat : kesalahan pada bit 4

1	0	0	0	1	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Pemulihan data

TABEL 8 PEMULIHAN DATA UNTUK VARIASI KESALAHAN 1 BIT

Iterasi	Perubahan data							
1/ bit 6	1	0	0	0	1	0	0	1
2/ bit 3	1	0	0	0	1	0	0	1
3/ bit 4	1	0	0	1	1	0	0	1

2) Variasi kesalahan 2 bit

Data asli

1	0	0	1	1	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Data cacat : kesalahan pada bit 3 dan bit 4

1	0	0	0	0	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Pemulihan data

TABEL 9 PEMULIHAN DATA UNTUK VARIASI KESALAHAN 2 BIT

Iterasi	Perubahan Data							
1 / bit 3	1	0	0	0	0	0	0	1
2 / bit 8	1	0	0	0	0	0	0	1
3 / bit 5	1	0	0	0	1	0	0	1
4 / bit 4	1	0	0	1	1	0	0	1

3) Variasi kesalahan 3 bit

Data asli

1	0	0	1	1	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Data cacat : variasi kesalahan pada bit 4, 5 dan 7

1	0	0	0	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Pemulihan data

TABEL 3. PEMULIHAN DATA UNTUK VARIASI KESALAHAN 3 BIT

Iterasi	Perubahan Data							
1 / bit 7	1	0	0	0	0	0	0	1
2 / bit 4	1	0	0	1	0	0	0	1
3 / bit 6	1	0	0	1	0	0	0	1
4 / bit 8	1	0	0	1	0	0	0	1
5 / bit 5	1	0	0	1	1	0	0	1

4) Variasi kesalahan 4 bit

Data asli

1	0	0	1	1	0	0	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Data cacat

1	1	0	0	0	0	1	1
---	---	---	---	---	---	---	---

Pemulihan data

TABEL 4. PEMULIHAN DATA UNTUK VARIASI KESALAHAN 4 BIT

Iterasi	Perubahan Data							
1 / bit 2	1	0	0	0	0	0	1	1
2 / bit 5	1	0	0	0	1	0	1	1
3 / bit 4	1	0	0	1	1	0	1	1
4 / bit 1	1	0	0	1	1	0	1	1
5 / bit 7	1	0	0	1	1	0	0	1

ANALISIS HASIL PENELITIAN

Dari hasil penelitian yang disajikan dalam tabel 1 sampai dengan tabel 4 dapat diketahui bahwa aplikasi JST yang dibuat mampu melakukan koreksi untuk kesalahan dengan tingkat kesalahan dari 1 bit sampai dengan 4 bit dengan sangat baik. Semua kesalahan dapat dikoreksi dan dikembalikan kepada data asli. Jika dilihat dari banyaknya iterasi program koreksi, memang jaringan tidak dapat memperoleh iterasi dengan yang panjangnya sama atau kurang dari panjangnya kesalahan. Hal ini dapat dimengerti karena proses *update* neuron dari jaringan bersifat random dan bergantung kepada *random generator* yang disediakan

oleh Program Matlab 7. Selain itu JST Hopfield hanya dapat melakukan update neuron secara bergantian, tidak dapat melakukan *update* beberapa neuron secara bersamaan. Urutan akses neuron secara random sampai dengan data yang telah berhasil dikoreksi disajikan pada kolom sebelah kiri dari tabel pemulihan data.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari penelitian yang sudah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan :

- Data yang rusak / cacat dapat dikoreksi dengan menggunakan sifat pengingat asosiatif.
- Jaringan syaraf tiruan Hopfield diskret dapat digunakan untuk melakukan koreksi kesalahan data dengan baik.
- Panjang iterasi untuk melakukan koreksi data bergantung pada random generator yang muncul dan hal ini sesuai dengan algoritma update neuron JST Hopfield diskret.

B. Saran

Untuk penelitian selanjutnya dapat dipergunakan data berupa gambar baik gambar 2 dimensi atau 3 dimensi.

DAFTAR PUSTAKA

Fausset, L. 1994. Fundamentals of Neural Networks Architectures, Algorithms and Application. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey

Lin, C.T and Lee, C.S.G. A Neuro-Fuzzy Synergism to Intelligent Systems. Prentice Hall, Upper Saddle River NJ 07458

Evandro A. Silva, Armando Marin, Adilson Gonzaga, Fabiana C. Bertoni, Kelton A.P. Costa, Luciana A.L. Albuquerque. Neutral Facial Image Recognition Using Parallel Hopfield Neral Networks. University of Sao Paulo

Anil K. Jain, Robert P.W. Duin, dan Mao,J. Statistical Pattern Recognition : A Review. IEEE Transactions on Patterns Analysis and Machine Intelligence vol 22 no 1, January 2000.